

柏崎平野北部に分布する古砂丘

黒 金 道 雄*

柏崎平野の西縁部に発達する荒浜砂丘（新砂丘）の下位には、古砂丘である番神砂層と雪成砂層が存在し、平野の形成と密接にかかわることが指摘されてきた。本研究は、柏崎平野北部の古砂丘の分布と、砂の鉱物組成や粒度組成の特徴を調べ、古砂丘の形成過程について再検討を行ったものである。その結果、雪成砂層は、番神砂層堆積後の褐色土形成期に堆積した砂層であること、粒度組成や鉱物組成の検討、ラミナの傾斜方向などから、番神砂層と雪成砂層とは、堆積環境が違うことが明らかになった。

1 はじめに

柏崎平野は三方を山地によって囲まれ、湾状に分布している。平野の西部は日本海に面しているが、直接日本海とは接しておらず、海岸に沿って分布する荒浜砂丘によって、平野と日本海が隔てられている。この荒浜砂丘（新砂丘）の下に古砂丘のあることは、柏崎平野団体研究グループ（1965）によって報告されている。その報告の中に、柏崎平野の詳細な第四紀層序とその形成過程が論じられている。また、この古砂丘が平野の形成に重要な役割を果たしたことを、長谷川・小林（1969）が指摘している。

この地域も近年開発が進み、新たに露頭もできて、詳しい調査が可能になった。そこで筆者は、古砂丘の再検討をする目的と、人々の生活と生産の重要な場となっている砂丘地や平野の形成を、将来「柏崎平野の生いたち」として教材化するための基礎資料を得る目的から古砂丘の調査を行った。そして、古砂丘砂の粒度組成と鉱物組成の分析をし、古砂丘の形成過程について考察した。

2 調査地の地形、および地質の概要

柏崎平野は、平野の南西部、東部および北東部の新第三系からなる山地によって三方が囲まれている小規模な沖積平野である。

平野周縁部山麓には、段丘が発達している。とくに、平野北部の西山地域と平野南部の安田地域に顕著である。この段丘は、鵜川や鯖石川、および別山川などの河川によって開析された谷が発達し、その分布の形は複雑である。この段丘の堆積物は安田層からなる¹⁾。平野北部の一部の段丘上には、古砂丘砂層（更新世砂丘砂層）が確認される。

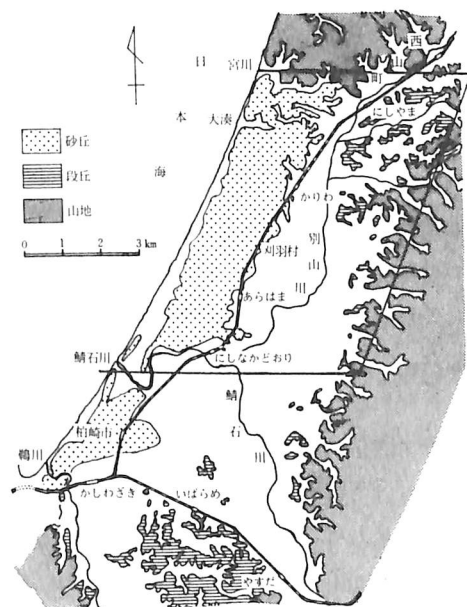


図1 調査地域

* 理科長期研修員（柏崎市立科学技術教育センター，柏崎市立比角小学校）

平野西部には、海岸線に沿って荒浜砂丘（完新世砂丘砂層）が発達している。古砂丘砂層は、荒浜砂丘地域では、主として砂丘周辺部に露出しているほかは、新砂丘砂層によって覆れている。

以下、古砂丘砂層について詳しく述べる

3 古砂丘の分布と層序

本調査地域に分布する古砂丘砂層は、中に挟まれる褐色土、および層相の違いから、上下の2層に区分できる。この区分は、下位の砂層を番神砂層、上位の砂層を雪成砂層とする柏崎平野団体研究グループ（1965）の区分と一致し、その2層の命名もそれに従った。

以下、下位の地層より述べる。

(1) 番神砂層

〈標式露頭〉 調査地域で番神砂層が最もよくみられる荒浜ゴルフ場脇のLoc.①を標式露頭として調査を進めた。

〈分布〉 番神砂層は、主として荒浜砂丘の周辺部に露出する。砂丘中央部は、カッティングによって番神砂層が露出する以外は、ほとんどが荒浜砂丘砂層（新砂丘砂層）に覆れている。

砂丘の海岸側では、荒浜ゴルフ場脇のカッティングと荒浜本村、大湊、宮川の露頭で確認できる。これまでの報告によれば、原発用地内海岸道路脇にも断続的に分布していることが確認されている¹⁾。砂丘の内陸側では、土合、長崎の付近と刈羽、および雪成、西元寺、寺尾、滝谷付近に露出している。

砂丘は北東方向にいくにつれて海拔高度を増すが、番神砂層の分布する海拔高度も北東へいくにつれて高くなっている。土合で海拔30m、荒浜で35m、雪成で70m、砂丘北東部にあたる寺尾付近では海拔120mまで分布している。

砂丘地以外に番神砂層が分布しているところは、平野北東部の和田、野崎、十日市、内方の段丘であり、そこでは段丘面上を覆うように分布している。

〈層相〉 岩相の違いにより、番神砂層を上部

表1 層序表

時 代		層 序	
第 四 紀	完 新 世	平 野	新砂丘砂層
		堆 積 物	
	更 新 世	雪 成 砂 層	上 部
			下 部
		番 神 砂 層	上 部
			下 部
安 田 層	上 部		
	下 部		
第 三 紀		基 盤	

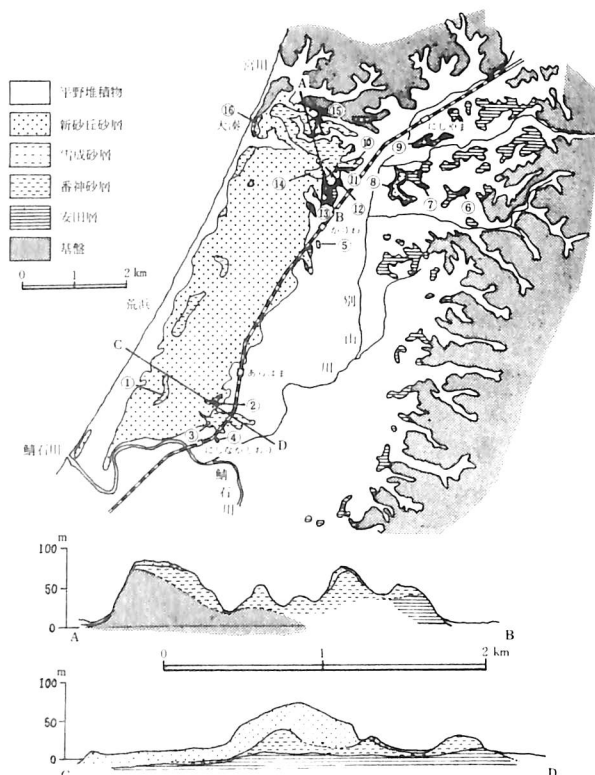


図2 古砂丘分布図・地質断面図

と下部に区分できる。

番神砂層下部：主に黄褐色中粒砂からなる。ラミナのよく発達した砂層である。部分的に斜交ラミナが見られるが、多くは平行ラミナである。このラミナに沿って磁鉄鉱の集積がみられる。平行ラミナは、ほとんどの露頭でNないしはE方向へ $7^{\circ}\sim 30^{\circ}$ の傾斜を示す。Loc.⑬、⑮では、S方向へ $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 傾斜している。また、逆グレーディングが顕著である。全般に粘土化が進んでいる。下部ほどその傾向が強く、粘土化の進んだ橙色砂層と黄褐色砂層とが互層状を呈する。Loc.①の最下部では、全体が鮮やかな橙色である。褐鉄鉱などの二次鉱物が生じ、黒褐色のまだら模様を呈する部分もある。

番神砂層下部の層厚は、最大で14m+である。

番神砂層上部：灰褐色中粒固結砂からなるが、乾くと灰白色を呈する。全体に塊状で、不規則な節理が発達している。この節理に沿って黄白色のギブサイト¹⁾の小脈がみられる。顕微鏡観察によって、ギブサイトが砂粒間を埋めるように入っていることが確認される。固結砂の上部約50cmは、黄灰色で、結核様の砂のこごりが塊状に入る。

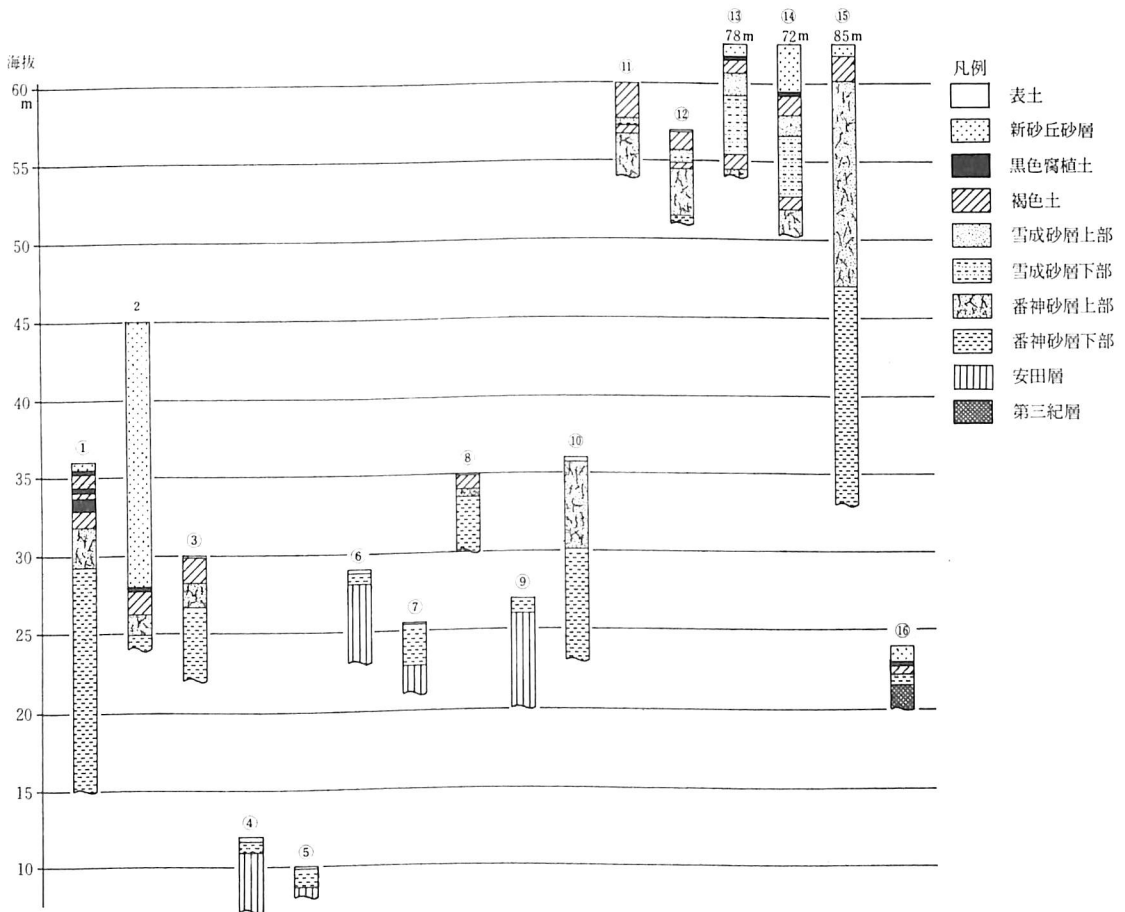


図3 古砂丘分布地域地質柱状図

番神砂層上部の層厚は、最大で13mであるが、多くの場合は5m以下である。

最上部には、50cm～150cmの褐色土をのせている。

Loc.①付近のボーリング資料によると、番神砂層全体の層厚は27mである。

＜下位層との関係＞ 大湊および寺尾の露頭で、第三紀層の上に不整合に重なっているのが確認できる。土合、刈羽、内方、五日市、野崎、和田、西元寺、滝谷では、安田層との関係がみられる。そこでは安田層と番神砂層との間に褐色土などの風化帯が確認されないこと、番神砂層が安田層を切っていないことなどから、安田層とは整合に重なるものと考えられる。

(2) 雪成砂層

＜標式露頭＞ 本調査地域では、雪成部落西のLoc.⑬を標式露頭とした。

＜分布＞ 雪成部落西のごく狭い地域にのみ分布する砂層で、Loc.⑪, ⑫, ⑬, ⑭などで確認できる。

＜層相＞ 岩相の違いにより、上部と下部に区分できる。

雪成砂層下部： 黄灰褐色の中粒砂からなるが、番神砂層より粗粒で、サクサクけずれるほどにやわらかい。平行なラミナがよく発達し、ラミナにそって磁鉄鉱の集積がみられる。ラミナの傾斜方向は、露頭によって異なるが、NW方向を示すものとSE方向を示すものと2方向が確認でき、ともに傾きは、 $4^{\circ} \sim 33^{\circ}$ を示す。逆グレーディングが顕著である。層厚は約4mである。

雪成砂層上部： 黄褐色の中粒砂からなる。下部と同様に粗粒であり、固結度も低い。ラミナはめだたず、褐鉄鉱などの二次鉱物が点々と集積している。また、結核様の固い小さなこごりができている。

層厚は、約1.5mで、薄く下部の上ののる。

最上部には、約1mの褐色土がのっている。

＜下位層との関係＞ 雪成砂層と下位層との関係は、Loc.⑪, ⑫, ⑬, ⑭などで確認される。いずれの地点も30～80cmの厚さのやや砂質の褐色土を境に、番神砂層上部の上ののる。このことから、番神砂層とは不整合に重なる。この関係を図4に示す。雪成砂層の上下の2枚の褐色土は、番神砂層の上部の褐色土に連続することが確認される。即ち雪成砂層は、番神砂層上部の褐色土形成期の堆積物である。

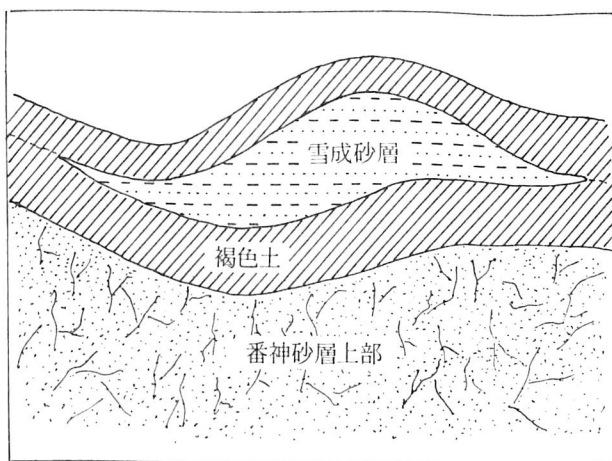


図4 雪成砂層と番神砂層の関係

4 古砂丘砂の特徴

(1) 粒度組成 試料は、Loc.①, ③, ⑧, ⑩, ⑫, ⑬, ⑭のものををつかった。番神砂層と雪成砂層、およびそれぞれの上部と下部の構成物の違いを調べる目的で、各層の層相をよく表す部分の試料を採集し分析した。

＜方法＞ 試料は充分水洗いした後乾燥させ、250メッシュの篩にかけた。残った砂粒をスプリッターで等分して5g程とり、それをエメリー管による沈降法⁶⁾で分析した。測定結果はFRIEDMAN (1961)

の式によって、粒径平均値（ \bar{x} ）、淘汰度（ $\sigma\phi$ ）、歪度（ $\alpha\phi$ ）を算出した。計算式を次に示す。

$$\begin{aligned} \text{粒径平均値} \quad \bar{x} &= \frac{1}{100} \sum f \cdot m\phi \\ \text{淘汰度} \quad \sigma\phi &= \sqrt{\frac{\sum f (m\phi - \bar{x})^2}{100}} \\ \text{歪度} \quad \alpha\phi &= \frac{1}{100 \sigma\phi^3} \sum f (m\phi - \bar{x})^3 \end{aligned}$$

fは各粒度階の試料の体積百分率を、 $m\phi$ は
粒径を ϕ 尺で表し、各粒度階の中央値を示す。

＜結果＞ 平均粒径値と淘汰度の関係を図5に、平均粒径値と歪度の関係を図6に示した。

番神砂層については、下部の砂は、平均粒径値、淘汰度、歪度ともに上部よりも数値のばらつきが大きい。とくに歪度をみると、下部の砂は、細粒部が極端に淘汰されている部分がある。上部、下部とも細粒のものの淘汰がよくなる傾向がある。

雪成砂層については、粒径および淘汰度は、上部、下部の差はほとんどなく、数値がまとまっている。しかし、歪度には明瞭な差がみられる。上部の方が粗粒部で淘汰がよいといえる。雪成砂層の砂は、番神砂層の砂と比べると、粗粒で淘汰がよいといえる。

以上の結果をまとめると、番神砂層上部、雪成砂層下部・上部は、平均粒径値、淘汰度、歪度ともほぼ数値が狭い範囲にまとまっている。これに対して、番神砂層下部の数値はばらつきが大きい。

(2) 鉱物組成

＜方法＞ 鉱物組成の分析には、Loc.①、⑬の試料を使った。試料に水を加えて指先でこねて充分はぐした後、水洗いと脱鉄処理を行った。それを乾燥し、篩を用いて1/4～1/8mm径の試料を選別して検鏡した。検鏡は実体顕微鏡と偏光顕微鏡を併用して、300個以上の砂粒について、重鉱物、軽鉱物、火山ガラス、岩石片に区分し、さらに、重鉱物について鉱物種を同定して、それぞれの含有率を算出した。

＜結果＞ 鉱物組成を図7に示す。

Loc.①の番神砂層については、上部は下部と比較して重鉱物含有率が少ない。重鉱物組成では、上部、下部ともにシソ輝石を多く含み、鉱物組成の大きな差はない。

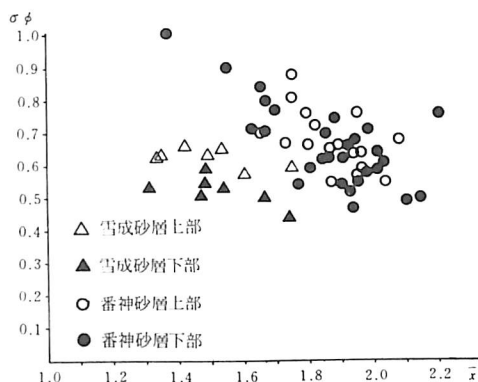


図5 平均粒径値と淘汰度

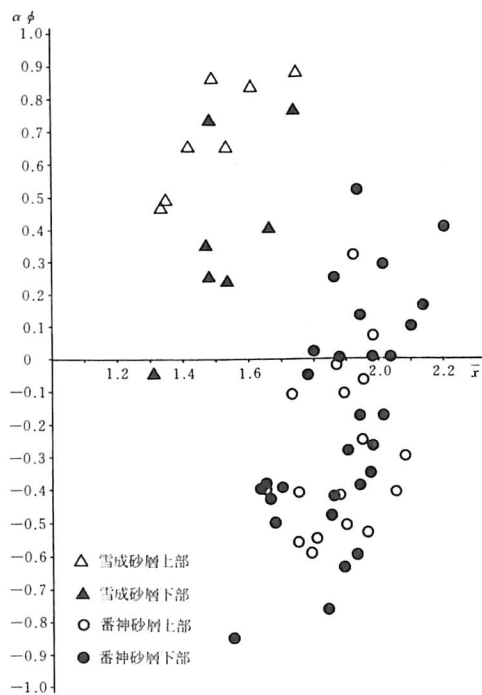


図6 平均粒径値と歪度

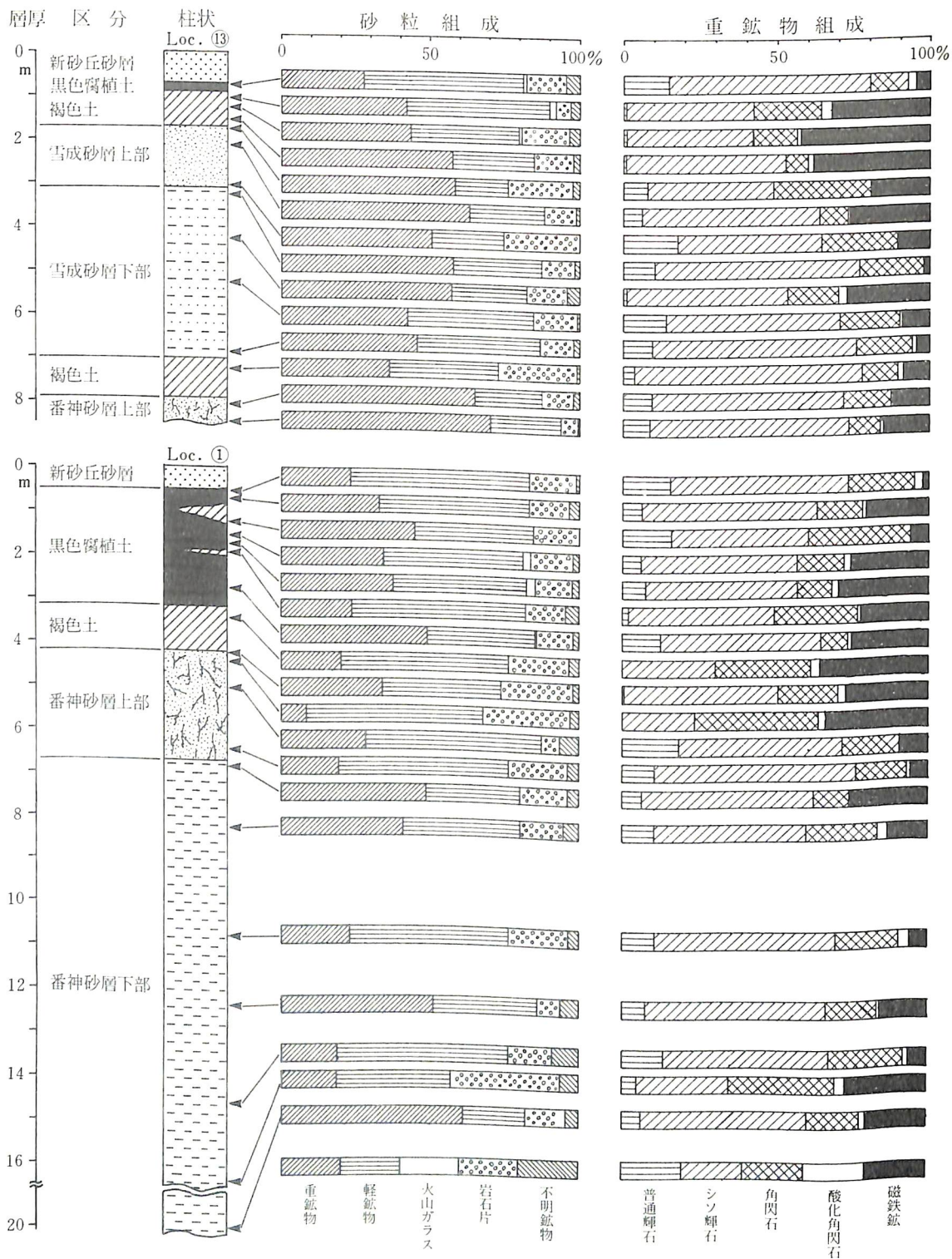


図7 鉱物組成

番神砂層の褐色土の部分では、重鉱物組成は下の砂ととくに大きな違いはないが、褐色土の70cm下位から黒色腐植土にかけて火山ガラスが含まれる。これらの火山ガラスは、大きく2種の形態に分けることができる。しゃぼん玉を割ったときの壁面や玉と玉の接触部の破片に似たバブルウォール型と、繊維を束ねたような形のファイバー型⁷⁾である。いずれも角が鋭く、摩滅された形跡はほとんど認められない。火山ガラスの屈折率は、バブルウォール型が1.499～1.500、ファイバー型が1.500～1.501である。

雪成砂層については、上部、下部の差はほとんど認められない。最上部の褐色土は磁鉄鉱が多いが、下の砂と鉱物組成上とくに大きく異なることはない。

雪成砂層上部の褐色土の70cm下位から黒色腐植土にかけては、番神砂層と同様に、バブルウォール型とファイバー型の火山ガラスが含まれる。

雪成砂層の下位の褐色土からは、火山ガラスは確認されない。

番神砂層と雪成砂層の鉱物組成を比べると、鉱物組合せの上では大きな差異は認められないが、雪成砂層は、重鉱物含有率が高い。

5 まとめと考察

- (1) 柏崎平野北部に分布する古砂丘は、層相の違いと褐色土の有無から、下位の番神砂層と上位の雪成砂層の2層に区分することができる。
- (2) 番神砂層は、下部と上部に分けられる。下部は、風化の進んだ橙色砂層と黄褐色砂層が互層状を呈し、ラミナが顕著である。粒度組成は、粒径、淘汰度、歪度とも数値のばらつきが大きい。上部は、塊状の灰白色固結砂で、粒度組成は、粒径、淘汰度、歪度のいずれも下部に比べて、狭い範囲にまとまっている。鉱物組成では、下部、上部の大きな差異はない。以上のことから考えると、下部は環境の変化がみられ、一様な風成の堆積物であるとは考えがたい。これに対して上部は、堆積の仕方が一様であり、風成砂と考えられる。
- (3) 番神砂層下部は、安田層と整合である。柏崎平野団体研究グループ(1965)は、安田層の堆積にひき続いて、まだ完全に陸化していない環境のもので番神砂層下部が堆積し、その後の海退に伴う陸化によって生じた海浜の砂が風によって運ばれ、上部が堆積したとしている。今回の調査結果からも、これとはほぼ同じことがいえる。
- (4) 雪成砂層は、平行ラミナの目立つ下部と、結核様のこごりの入る上部とに区分できる。粒度組成、鉱物組成の大きな違いはない。上部、下部とも粒度組成は、粒径、淘汰度、歪度のいずれも狭い範囲にまとまり、堆積の仕方が一様であったことを示している。層相および粒度組成から、上部、下部とも、風成砂と考えられる。
- (5) 雪成砂層は2枚の褐色土に挟まれている。この2枚の褐色土は、番神砂層上部の褐色土に連続する。このことから、雪成砂層は番神砂層堆積後の褐色土の形成期に堆積したものといえる。もし、褐色土化作用が温暖期に行れたものとするなら、雪成砂層もその時期に形成されたことになる。
- (6) 番神砂層と雪成砂層は、(3)、(5)で考察したように、堆積環境や堆積機構が異なるものと考えられる。そのことは、次のことからいえる。

- ① 粗度組成では、雪成砂層が番神砂層より粗粒で淘汰がよく、歪度が大きい。
- ② 砂層中の傾斜方向は、番神砂層ではほぼNEを示すものとSを示すものがあるのに対して、雪成砂層では、NWを示すものとNEを示すものがあり、異った傾向を示す。このことは、今後の問題であるが、砂層形成時の風向の違いを示すものと考えられる。
- ③ 分布では、番神砂層が安田層に伴って広い地域に分布するのに対し、雪成砂層は番神砂層に不整合で重なり、雪成地区のごく限られた地域に分布する。

ただし、鉱物組成は、重鉱物含有率に違いがあるものの、重鉱物組成に大きな差異がないことから、砂の供給源は同一であったものと推定される。

(7) 褐色土および黒色腐植土から摩滅されていない火山ガラスが確認されたことから、雪成砂層の堆積後の褐色土形成期の途中から火山灰降下があったと考えられる。

(8) 以上のことから、古砂丘の形成過程を考察すると、①～⑧のように進行したものと考えられる。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| ① 安田層の堆積（温暖気候） | ⑤ 海岸線の移動に伴う砂丘形成—雪成砂層 |
| ② 安田層の段丘化（寒冷気候による海退） | ⑥ ひきつづき褐色土の形成（温暖気候） |
| ③ 海退に伴う砂丘形成—番神砂層 | ⑦ 火山活動による降灰—火山ガラス |
| ④ 褐色土の形成（温暖気候） | ⑧ 黒色腐植土の形成 |

6 おわりに

柏崎平野北部地域に分布する古砂丘は、安田層の堆積にひきつづいて堆積した番神砂層と、番神砂層上部の褐色土の形成時期に堆積した雪成砂層の2層からなることがわかった。それぞれの砂層は、形成期や堆積機構を異にすることが推定できた。今後は、より多くの試料の分析を行うとともに、新砂丘の堆積機構からの古砂丘の見直しや、火山灰による他地域との比較を行って、古砂丘の形成時期、形成過程をより具体的なものにしていきたい。

この研究をすすめるにあたって、鉱物鑑定に指導と助言をいただいた新潟大学教育学部黒川勝己先生、現地調査の際、露頭を案内してくださったり資料提供をいただいた小林測量株式会社の武本和幸氏、いつも励ましと有益な助言をいただいた新潟県立常盤高等学校の大野隆一郎先生にお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 柏崎平野団体研究グループ：柏崎平野の第四系。新潟大学高田分校研究紀要。10, 146～186（1965）
- 2) 長谷川正・小林忠夫：新潟県下の砂丘と平野形成について。日本地質学会第76年学術大会シンポジウム「海岸平野」資料集。223～227（1969）
- 3) 渡辺勇外米山研究グループ：米山と米山海岸地域の研究—そのⅠ—。新潟県地学教育研究会誌。2, 7～20（1964）
- 4) 高田平原団体研究グループ：高田平原北部の第四系。新潟大学高田分校研究紀要。9, 143～172（1965）
- 5) 高田平野団体研究グループ：高田平野の第四系と形成史。新潟大学高田分校研究紀要。25, 209～281（1981）
- 6) 青俊二外水路部測量課：砂質の粒度分析（特にエメリー管分析について）。水路要報。54, 1～7（1957）
- 7) 野尻湖火山グループ：野尻湖層と野尻ローム層の砂粒組成。地質学論集。19, 33～47（1980）
- 8) 町田洋・新井房夫・杉原重夫：南関東と近畿の中部更新統の対比と編年。第四紀研究。19, (3), 233～261（1980）
- 9) 早津賢二・新井房夫・白井亨：新潟県高田平野の中位段丘の古砂丘—形成時代についての火山編年学的考察—。地学雑誌。91, (1), 1～15（1982）
- 10) 坂井陽一：新潟砂丘における腐植層と砂丘砂の鉱物組成。新潟県立教育センター研究報告。49, 91～96（1980）
- 11) FRIEDMAN, G. H.: Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. Jour Sed. Petro., 31, 514～529（1961）